

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-286040

(43)Date of publication of application : 02.11.1993

(51)Int.Cl.

B29C 67/00
// B29C 35/08
B29K105:16
B29K105:24

(21)Application number : 05-010748

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD

(22)Date of filing : 26.01.1993

(72)Inventor : UCHINONO YOSHIYUKI
AZUMA YOSHIKAZU

(30)Priority

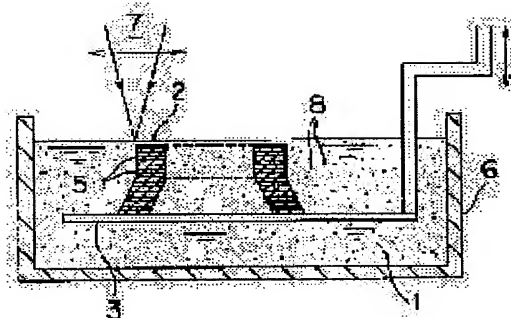
Priority number : 404 2869 Priority date : 15.02.1992 Priority country : JP

(54) METHOD FOR FORMING THREE-DIMENSIONAL SHAPE

(57)Abstract:

PURPOSE: To more certainly prevent the warpage or distortion of a photo-setting layer by improving a conventional method preventing the warpage or distortion of the photo-setting layer by preliminarily mixing a filler with a photo-setting resin solution.

CONSTITUTION: A photosetting resin solution 1 is irradiated with light to form a photo-setting layer 5 and a plurality of the photo-setting layers 5 are stacked to obtain a shape equipped with a desired three-dimensional shape. In this method, by preliminarily mixing a solid fine powder 8 having density near to that of the photo-setting resin solution 1 with the photo-setting resin solution, the fine powder 8 is stably and uniformly dispersed in the photosetting resin solution 1 to eliminate the irregularity of curing shrinkage due to a place at every stacked photo-setting layers or in one photo-setting layer.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-286040

(43)公開日 平成5年(1993)11月2日

(51)Int.Cl.⁵

B 2 9 C 67/00

// B 2 9 C 35/08

B 2 9 K 105:16

105:24

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

8115-4F

9156-4F

審査請求 未請求 請求項の数9(全 11 頁)

(21)出願番号 特願平5-10748

(22)出願日 平成5年(1993)1月26日

(31)優先権主張番号 特願平4-28692

(32)優先日 平4(1992)2月15日

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(72)発明者 内野々良幸

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72)発明者 東 喜万

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

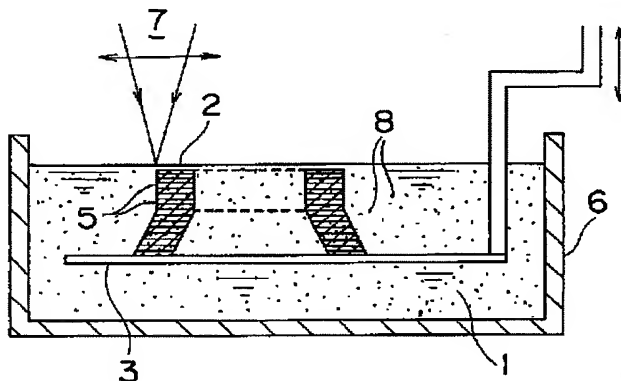
(74)代理人 弁理士 松本 武彦

(54)【発明の名称】 三次元形状の形成方法

(57)【要約】

【目的】 光硬化性樹脂液に充填材を混合しておいて、光硬化層の反りや歪みを防止するという従来の方法を改良し、光硬化層の反りや歪みをより確実に防ぐことのできる方法を提供する。

【構成】 光硬化性樹脂液1に光7を照射して光硬化層5を形成し、この光硬化層5を複数層積み重ねて所望の三次元形状を備えた造形物を得る方法において、光硬化性樹脂液1に、光硬化性樹脂液1に近い密度を有する固体の微粉末8を混合しておくことにより、微粉末8が光硬化性樹脂液1に安定して均一に分散されるようにし、その結果、積み重ねる光硬化層毎、あるいは、ひとつの光硬化層での場所による硬化収縮のバラツキを無くす。



(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光硬化性樹脂液に光を照射して光硬化層を形成し、この光硬化層を複数層積み重ねて所望の三次元形状を備えた造形物を得る方法において、光硬化性樹脂液に、光硬化性樹脂液に近い密度を有する固体の微粉末を混合しておくことを特徴とする三次元形状の形成方法。

【請求項2】 請求項1の方法において、微粉末として、光硬化性樹脂液を硬化させた後、微粉化してなる微粉末を用いる三次元形状の形成方法。

【請求項3】 請求項2の方法において、微粉末の製造に用いる光硬化性樹脂液として、三次元形状の造形に用いる光硬化性樹脂液と同じ組成の光硬化性樹脂液を用いる三次元形状の形成方法。

【請求項4】 請求項2の方法において、微粉末の製造に用いる光硬化性樹脂液として、三次元形状の造形に用いる光硬化性樹脂液とは異なる組成の光硬化性樹脂液を用いる三次元形状の形成方法。

【請求項5】 請求項1～4の何れかの方法において、各層の光硬化層を形成する段階毎に、光硬化性樹脂液に微粉末を供給して混合する三次元形状の形成方法。

【請求項6】 請求項5の方法において、光硬化層を形成する各段階で、光硬化性樹脂液に供給する微粉末の量を変える三次元形状の形成方法。

【請求項7】 請求項6の方法において、光硬化層を形成する各段階のうち、初期段階では、後の段階よりも光硬化性樹脂液に供給する微粉末の量を多くする三次元形状の形成方法。

【請求項8】 請求項5～7の何れかの方法において、光硬化層を形成する各段階が、光硬化性樹脂液に微粉末を供給する段階と供給しない段階とが組み合わされている三次元形状の形成方法。

【請求項9】 請求項1～8の何れかの方法において、光硬化性樹脂液に供給する微粉末として、粒径の異なる粒子を組み合わせる三次元形状の形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、三次元形状の形成方法に関し、詳しくは、光の照射によって硬化する光硬化性樹脂を用いて、立体的な三次元形状を有する物品を成形製造する方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 光硬化性樹脂を用いて三次元形状を形成する方法は、複雑な三次元形状を、成型型や特別な加工工具等を用いることなく、簡単かつ正確に形成することができる方法として、各種の製品モデルや立体模型の製造等に利用することが考えられている。具体的には、例えば、特開昭61-114817号公報や特開昭63-141724号公報、特開昭60-247515号公報などに開示された方法がある。

【0003】 特開昭61-114817号公報記載の方法は、つぎように実施される。容器内に光硬化性樹脂液を供給して、一定厚みの樹脂液層を形成し、この樹脂液層に対し、液面上方からレーザー光を照射して、この樹脂液層を部分的に光硬化させる。その際、レーザー光の照射位置を水平方向に順次移動させることにより、所定のパターンを有する光硬化層を形成することができる。つぎに、この光硬化層の上に新たな樹脂液を供給して新しい樹脂液層を形成し、この樹脂液層に再びレーザー光を照射する。このような工程を繰り返して、光硬化層を順次積み重ねることにより、所望の立体形状を有する樹脂製品が得られる。

【0004】 上記方法以外にも、光硬化させる樹脂液層の形成方法や、レーザー光の照射方法、あるいは、光硬化層の積み重ね方法などが違う様々な方法が提案されている。例えば、特開昭63-141724号公報の方法は、樹脂液の中に沈めた昇降自在な成形台を、樹脂液の液面直下に配置して、液面にレーザー光を照射し、成形台の上の樹脂液層を光硬化させて光硬化層を形成し、つぎに、成形台を少し沈めた後、前記同様の作業を行うという工程を繰り返すことにより、複数層の光硬化層を積み重ねていく。また、特開昭60-247515号公報には、樹脂液中に光ファイバを挿入して、先端からレーザー光を照射しながら水平方向に走査して光硬化層を形成し、光ファイバの挿入位置を順次高くしていくことにより、光硬化層を積み重ねていく方法などが開示されている。

【0005】 しかし、何れの方法でも、光硬化性樹脂液に光を照射して光硬化させるときに、光硬化性樹脂が大きな硬化収縮を起こし、そのために、形成される光硬化層の形状が歪んでしまい、三次元形状の精度が悪くなるという問題があった。通常、樹脂液層に光を照射したときには、光が先に照射される液面側と液面から遠い側では硬化の進行あるいは硬化度合が違ってしまいうために、形成された光硬化層は、液面側に反ることが多い。一般的な光硬化性樹脂液の体積収縮率は10%近くもあり、特に、光硬化性樹脂液の薄い層を光硬化させた場合には、大きな反りや歪みが生じるのである。

【0006】 このような問題を解決する方法が、特開平1-232025号公報に開示されている。この方法は、光硬化性樹脂液に、ケイソウ土、酸化チタン、ビーズ、金粉あるいはカーボンウィスカ、ガラス繊維などの充填材を混合しておくことにより、光硬化性樹脂液の硬化収縮を小さくしようとするものである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、光硬化性樹脂液に充填材を混合しておく上記方法では、多数の光硬化層を積み重ねて三次元形状を造形しているうちに、反りや歪みが生じたり、形状精度にバラツキが生じたりするという問題があった。これは、光照射の各段階におい

(3)

3

て、樹脂液層に充填材が均一に分布して混合されており、かつ、各段階における樹脂液層に常に適正量の充填材が含まれていれば、複数の光硬化層は何れも反りや歪みがなく、各光硬化層の形状精度も一定になるのであるが、実際には、樹脂液層によって充填材の含有量にバラツキが生じたり、1層の樹脂液層でも場所によって充填材の分布にバラツキが生じるためである。

【0008】このような充填材のバラツキが生じるのは、予め樹脂液中に充填材を均一に混合していても、多数の光硬化層を形成し、積み重ねている作業中に、樹脂液の底に充填材が沈んで溜まったり、逆に液面近くに浮き上がってしまったため、各樹脂液層毎に充填材の含有量が異なってしまったり、ひとつの樹脂液層でも場所によって充填材の偏りが生じるのである。

【0009】また、別の問題として、光硬化性樹脂液に充填材が含まれていると、光の照射部分のみを確実にかつ正確な形状で光硬化させることができず、その結果、光硬化層の形状精度が低下したり、仕上がり品質が低下したりする問題もあった。これは、例えば、充填材が光硬化性樹脂と化学反応を起こして、光硬化性樹脂の特性に悪影響を与えること、不透明な充填材では、充填材よりも下方の樹脂液に光が届かなくなること、光反射性を有する充填材では、充填材の表面で反射した光が余計な部分の光硬化性樹脂液を光硬化したり、光硬化性樹脂液に与える光エネルギーに偏りが生じたりすること、などが原因であると考えられる。

【0010】そこで、この発明の課題は、光硬化性樹脂液に充填材を混合しておいて、光硬化層の反りや歪みを防止する方法を改良し、光硬化層の反りや歪みをより確実に防ぐことのできる方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する、この発明にかかる三次元形状の形成方法は、光硬化性樹脂液に光を照射して光硬化層を形成し、この光硬化層を複数層積み重ねて所望の三次元形状を備えた造形物を得る方法において、光硬化性樹脂液に、光硬化性樹脂液に近い密度を有する固体の微粉末を混合しておく。

【0012】光硬化性樹脂液としては、従来の三次元形状の形成方法でも用いられている各種の光硬化性樹脂が用いられる。具体的には、ウレタン、ウレタン-アクリレート、エポキシ、エポキシ-アクリレート系の光硬化性樹脂などが挙げられる。微粉末の材料としては、前記従来技術にも開示されている各種材料のように、光硬化性樹脂液の硬化収縮を防止できるような固体材料のうち、この発明では特に、光硬化性樹脂液に近い密度を有する材料からなるものを用いる。光硬化性樹脂液の密度は、通常 $1.1 \sim 1.2 \text{ g/cm}^3$ であるが、樹脂原料の種類や配合によっても若干異なり、それぞれの光硬化性樹脂液に合わせて、微粉末の材料を選択すればよい。一般に、無機物質からなる微粉末は、光硬化性樹脂液の密度

4

との差が大きいものが多く、このような材料は好ましくない。光硬化性樹脂液とは別の樹脂材料その他の有機物質では、光硬化性樹脂液と密度の近いものを得られ易いが、有機物質には光硬化性樹脂と化学反応を起こして、変色するなどの悪影響を生じるものがあり、このような材料も好ましくない。したがって、微粉末としては、光硬化性樹脂液と密度が近く、かつ、光硬化性樹脂との反応性を有しない材料を用いるものとする。

【0013】微粉末として、上記材料を、所望の粒径範囲に微粉化したものが用いられる。微粉化の手段は、それぞれの材料に合わせて適切な方法を採用すればよく、粉碎その他の通常の微粉化手段が採用できる。微粉末の粒径は、光硬化性樹脂液への均一な分散が可能であること、光硬化性樹脂液の光硬化を阻害し難いこと、取扱いが容易であること、製造が容易であることなどの条件を考慮して設定すればよい。具体的には、少なくとも、光硬化させる際の樹脂液層の厚みよりも小さいことは必要であるが、目的や用途に合わせて、数 μm から数 mm 程度までの範囲で選択すればよい。微粉末の粒径分布は、比較狭い範囲で揃っているほうが、その特性や機能が均一に発揮できるが、製造条件などによって、粒径分布にある程度の幅があるものであっても構わない。また、後述するように、粒径の異なる微粉末を積極的に利用することもできる。

【0014】微粉末として、光の屈折率や反射率、透過性などの特性が光硬化性樹脂液に近いものを用いるのが好ましい。具体的には、光硬化性樹脂液は、ほぼ透明に近い樹脂なので、微粉末としても透明に近く、光の屈折率も樹脂に近いものが好ましいことになる。光硬化性樹脂液の密度に近い材料として、光硬化性樹脂液そのものを光硬化させ、この硬化体を粉碎するなどして微粉化したものを用いれば、光硬化性樹脂液にほぼ近い材料が確実に使用できる。また、この光硬化性樹脂の硬化体を微粉化した微粉末は、当然、屈折率などの光特性も光硬化性樹脂液とほぼ同じものになる。

【0015】特に、三次元形状の造形に用いる光硬化性樹脂液と同じ組成の光硬化性樹脂液から微粉末を製造すれば、微粉末の密度その他の特性は、三次元形状の造形に用いる光硬化性樹脂液と確実に近いものが得られる。但し、三次元形状の造形に用いる光硬化性樹脂液とは異なる組成の光硬化性樹脂液を用いて微粉末を製造する場合でも、密度その他の特性を考慮して組成を選択すればよい。

【0016】上記のような微粉末を光硬化性樹脂液に均一に混合分散させた状態で、三次元形状の形成工程に用いる。三次元形状の形成工程を行っている間、連続的あるいは断続的に樹脂液を攪拌して、微粉末の分布をより均一化させておくこともできる。具体的な三次元形状の形成方法、すなわち、樹脂液の層を形成したり、光を照射したり、光硬化層を積み重ねたりする方法もしくは工

5

程については、前記した各従来技術に開示されているような、通常の三次元形状の形成方法と同様の方法が適用できる。

【0017】微粉末を光硬化性樹脂液に供給混合する方法として、以下に説明する各種の方法が適用できる。まず、三次元形状の造形に使用する光硬化性樹脂液の全体に予め微粉末を供給して混合しておく方法のほか、各層の光硬化層を形成する段階毎に、光硬化性樹脂液に微粉末を供給して混合することができる。この場合、微粉末は、その段階で光硬化させる厚み部分の光硬化性樹脂液のみに供給して混合しておけばよい。例えば、前の段階で形成された光硬化層の表面を光硬化性樹脂液の薄層で覆い、この樹脂液薄層を次の段階で光硬化させるのであれば、上記樹脂液薄層に微粉末を供給すればよい。光硬化層を形成する各段階毎に微粉末を供給するには、光硬化性樹脂液の液面上方に、散布ノズルなどの微粉末の供給手段を設けておけばよい。微粉末の供給手段が、レーザー光などの照射の邪魔にならないように、微粉末の供給手段を、樹脂液の液面上および液面外の間で移動可能に設けておくこともできる。

【0018】微粉末の供給量すなわち光硬化性樹脂液に混合する微粉末の量を、光硬化層を形成する各段階によって、変えることができる。微粉末の供給量を変えるには、前記した微粉末の供給手段を調整制御すればよい。各段階における微粉末の供給量は、光硬化させる樹脂液層の厚みや形成する光硬化層の形状その他の条件によって、その段階で最も適切な微粉末の供給量に設定すればよい。

【0019】具体的には、光硬化層を形成する各段階のうち、初期段階では、後の段階よりも光硬化性樹脂液に供給する微粉末の量を多くすることができる。光硬化層を下から上へと積み重ねる場合には、最下層の光硬化層を形成するのが最初の段階であり、その後の段階で、順次上層の光硬化層を形成する。初期段階とは、最初の光硬化層を形成する段階だけの場合もあるし、最初の光硬化層を含む複数の光硬化層が形成されるまでの複数の段階の場合もある。後の段階とは、少なくとも上記初期段階の次に光硬化層を形成するひとつの段階を意味しており、この段階よりもさらに後の段階において、必要に応じて、微粉末の供給量を初期段階と同じにしたり、より多くしたりすることも可能である。

【0020】微粉末の供給量は、先の段階よりもその後の段階が、常に少なくなるように、連続的に減少させてもよい。最初の段階を含む複数の段階のみで、微粉末の供給量を連続的に減少させ、その後の段階では、一定の供給量を維持してもよい。また、供給量を同じに設定した複数の段階を1組にして、各組毎に、先の組よりもその後の組で、微粉末の供給量を少なくしてもよい。複数の組のうち、最初の組よりも次の組では微粉末の供給量が少なく、その次の組では微粉末の供給量が多くなって

(4)

6

もよい。

【0021】さらに、光硬化性樹脂液に微粉末を供給する段階と供給しない段階とが組み合わされていてもよい。具体的には、形成する光硬化層の形状や上下に積み重ねる光硬化層との相互関係によって、歪みや反りが生じ難いことが判っている光硬化層を形成する段階、あるいは、三次元形状物の造形物の機能上、微粉末を含まないことが要求される光硬化層を形成する段階では、微粉末の供給を止めておくのである。ほぼ全ての段階で微粉末を供給して、その中の特定の段階のみで微粉末の供給を止めてもよいし、微粉末の非供給段階を複数段階にわたって設けることもできる。微粉末の供給段階と非供給段階とを1段階毎に交互に繰り返すこともできる。

【0022】つぎに、光硬化性樹脂液に供給する微粉末として、粒径の異なる粒子を組み合わせることができる。微粉末の粒径は、前記したような範囲で設定されるが、その中で、粒径の小さな粒子と粒径の大きな粒子を混在させておくのである。粒径の分布は、異なる粒径のものを2種類あるいはそれ以上の複数種類で組み合わせてもよいし、小さな粒径から大きな粒径まで連続的に粒径が分布するような組み合わせでもよい。大きな粒子と小さな粒子の粒径の差、すなわち粒径分布の幅は、1段階で光硬化させる樹脂液層の厚みすなわち光硬化層の厚み、あるいは、樹脂液中に微粉末を均等に分散させておく必要のある時間、すなわち、樹脂液に微粉末を供給してから樹脂液を光硬化させるまでの時間などの条件に合わせて設定すればよい。具体的には、たとえば、光硬化層の厚みが大きいほど、粒径分布の幅を広く設定しておくほうがよい。但し、微粉末の生産性や取扱い性なども考慮して、粒径分布の幅を設定するのが好ましい。

【0023】上記の粒径が異なる粒子を組み合わせる方法は、光硬化層の形成段階毎に微粉末を供給する方法だけでなく、光硬化性樹脂液に予め微粉末を混合しておく方法においても有効である。

【0024】

【作用】光硬化性樹脂液の硬化収縮を防ぐために加える充填材料が、光硬化性樹脂液に近い密度を有する固体の微粉末であれば、光硬化性樹脂液中に、安定して均一に分散させておくことができ、底のほうに沈んでしまったり、液面に浮き上がったりして、場所による充填率のバラツキや偏りが生じることがない。

【0025】したがって、樹脂液層の形成、光の照射、光硬化層の積み重ねなどの工程を何度も繰り返して行っても、それぞれの段階において、樹脂液層に含まれる微粉末は常に適切な含有率であり、場所により分布のバラツキも生じない。その結果、光硬化層に反りや歪みが生じるのを確実に防止でき、形状精度の高い三次元形状を作製することができる。

【0026】微粉末として、光硬化性樹脂液を硬化させた後、微粉化してなる微粉末を用いれば、この微粉末の

(5)

7

密度が、光硬化性樹脂液に近いものとなるのは当然であるから、前記した作用を確実に達成することができる。しかも、この微粉末は、光に関する特性も光硬化性樹脂液とほぼ近いものであるから、微粉末を含有させたことによって、光硬化性樹脂液の硬化特性に悪影響を与えることもない。

【0027】微粉末の製造に用いる光硬化性樹脂液が、三次元形状の造形に用いる光硬化性樹脂液と同じ組成であれば、光硬化性樹脂液の特性などを考えなくても、上記作用は確実に容易に達成できる。但し、微粉末の製造に用いる光硬化性樹脂液として、三次元形状の造形に用いる光硬化性樹脂液とは異なる組成の光硬化性樹脂液を用いても、必要とされる特性が近いものとなるように、その組成を設定しておけば、前記同様の作用は達成できる。微粉末の製造に用いる光硬化性樹脂液は、三次元形状の造形に用いる光硬化性樹脂液に比べれば、必要とされる光硬化特性などは緩やかでよいので、比較的安価な材料を用いることができ、コストダウンを図ることができる。

【0028】各層の光硬化層を形成する段階毎に、光硬化性樹脂液に微粉末を供給して混合すれば、三次元形状の造形に用いる光硬化性樹脂液全体に予め微粉末を混合しておくのに比べて、微粉末の沈降や偏在の問題が生じ難い。これは、樹脂液に混合された微粉末は、たとえ密度が樹脂液に近いものであっても、時間がたてば、徐々に沈降したり偏在したりする可能性がある。造形する三次元形状が大型化したり、積み重ねる光硬化層の数が増えたと、作業時間が長くなり、上記のような問題が生じる可能性がある。また、光硬化層の歪みや反りがわずかでも生じては困る場合には、樹脂液中における微粉末の偏在を、より完全に無くすることが要望される。

【0029】そこで、光硬化層を形成する段階毎に、すなわち1段階の薄い樹脂液層毎に微粉末を供給混合して、直ぐに光硬化させれば、微粉末の沈降や偏在の問題は、より確実に解消されることになる。また、この方法を採用すれば、各段階毎に、微粉末の供給量を変えたり、微粉末の種類を変えることも可能になる。光硬化層を形成する各段階で、光硬化性樹脂液に供給する微粉末の量を変えれば、光硬化層の形状や上下の光硬化層との相互関係などによって、歪みや反りが発生し易い光硬化層と、歪みや反りが発生し難い光硬化層とで、微粉末の量を変えることができ、微粉末の使用量を必要かつ最小限に抑えることができる。また、光硬化性樹脂液を光硬化させるときには、出来るだけ介在物が存在しないほうが好ましいので、不必要な微粉末の使用を止めることによって、光硬化工程の性能向上を果たすこともできる。さらに、三次元形状造形物の使用目的や機能上、微粉末が存在してはいけない光硬化層には微粉末を供給せず、その上下の光硬化層に供給した微粉末で、全体の歪みや反りを防止するようなことも可能である。

8

【0030】光硬化層を形成する各段階のうち、初期段階では、後の段階よりも光硬化性樹脂液に供給する微粉末の量を多くすると、歪みや反りが発生し易い初期段階で、微粉末の作用を良好に発揮させて、三次元形状造形物全体の歪みや反りを確実に防止することができる。これは、光硬化層をある程度の段数で積み重ねた状態では、その上に形成する光硬化層に光硬化に伴う収縮応力が発生しても、下方の分厚い光硬化層全体で応力を分散吸収することができ、歪みや反りが発生することは少ない。しかし、先に形成された光硬化層が少ないか全く無い初期段階では、光硬化層に形成時に発生する収縮応力が、そのまま歪みや反りとして表れるのである。そこで、このように歪みや反りが発生し易い初期段階の樹脂液に対する微粉末の供給量を多くしておくことが有効になる。

【0031】光硬化性樹脂液に微粉末を供給する段階と供給しない段階とを組み合わせると、前記したように、歪みや反りの発生があまり問題にならない光硬化層を形成する段階や、微粉末の存在が好ましくない光硬化層を形成する段階では、微粉末を供給しないようにして、微粉末の無駄な消費を防ぐとともに、三次元形状造形物の機能や性能を高めることができる。また、微粉末を供給しなければ、微粉末を供給するための作業時間も省けるので、全体の作業時間も削減される。

【0032】光硬化性樹脂液に供給する微粉末として、粒径の異なる粒子を組み合わせれば、粒径が同じ粒子のみを用いた場合に比べて、樹脂液に供給された微粉末が、樹脂液の底に溜まったり特定の個所に偏在したりするのを、より良好に防止できる。これは、以下に説明する作用による。前記したように、樹脂液の密度に近い微粉末を用いても、微粉末と樹脂液の密度がわずかでも違っていると、時間がたつにつれて、微粉末は樹脂液の底に沈降してしまう可能性がある。前記したように、光硬化層を形成する各段階毎に、微粉末を供給するようにしても、各段階の樹脂液層内で、樹脂液層の底に微粉末が沈降してしまい、この樹脂液層を光硬化させたときには、樹脂液層の上層部分に、光硬化収縮応力による歪みや反りが発生してしまう場合がある。

【0033】この際の微粉末の沈降速度は、微粉末の密度とともに、微粉末の粒径にも影響を受ける。具体的には、力学の原理から、液中における物体の沈降速度は、物体の直径の2乗に比例して大きくなるのである。すなわち、微粉末の粒径が大きくなるほど、沈降速度が大きくなる。そこで、粒径の異なる微粉末を混在させておけば、粒径の小さな微粉末は樹脂液層中をなかなか沈まないのに対し、粒径の大きな微粉末は樹脂液層中を迅速に沈むことになる。その結果、沈降を開始してから一定時間後には、樹脂液の上層に近い位置には、沈降の遅い粒径の小さな微粉末が存在し、樹脂液の下層に近い位置には、沈降の速い粒径の大きな微粉末が存在することにな

9

る。樹脂液の上下層の何れにも、一定の割合で微粉末が分布することになる。

【0034】このようにして、光硬化させる樹脂液の全体に微粉末が均等に分布していれば、光硬化層に歪みや反りが発生するのを確実に防止できる。この方法は、前記した光硬化層の形成段階毎に微粉末を供給する方法で適用すれば、各段階の樹脂液層内での微粉末の分布をより均等にでき、その作用をより高めることができるが、光硬化性樹脂液に予め微粉末を混合しておく方法に適用した場合でも、樹脂液全体における微粉末の分布を均等化するのに有効である。また、微粉末の密度が樹脂液の密度に近い範囲内で、ある程度の差がある場合でも、微粉末の沈降あるいは偏在を軽減することができるので、微粉末の材料選択が容易になる。

【0035】

【実施例】ついで、この発明の実施例について図面を参照しながら以下に説明する。図2は、微粉末の作製方法を示している。図2(a)に示すように、一定量の光硬化性樹脂液80に光70を照射して全体を光硬化させる。光硬化性樹脂液80としては、後に三次元形状を形成する工程で使用する光硬化性樹脂液と同じものを用いる。この場合の光70は、光硬化性樹脂液80全体を光硬化できればよいので、レーザ光のように厳密に制御された光でなくてもよい。

【0036】図2(b)に示すように、光硬化性樹脂液80が光硬化した硬化体82が得られた後、図2(c)に示すように、硬化体82を微粉化して、光硬化性樹脂微粉末8を得る。図2(d)に示すように、三次元形状造形物の形成に用いる光硬化性樹脂液1に、光硬化性樹脂微粉末8を均一に混合する。この光硬化性樹脂微粉末8を含む光硬化性樹脂液1を、各種の三次元形状の形成方法に用いる。三次元形状の形成方法の具体的工程や装置は、従来と同様の方法が採用できる。

【0037】図1は、三次元形状造形物を製造する方法の具体例を示している。樹脂液槽6に、前記工程で得られた光硬化性樹脂微粉末8を含む光硬化性樹脂液1を溜めておく。樹脂液槽6内には、昇降自在な成形台3が備えられている。成形台3を、樹脂液1の液面よりわずかに下に配置した状態で、樹脂液1の上方からレーザ光7を照射し、成形台3と液面の間の樹脂液層2を光硬化させる。レーザ光7を水平方向に走査して、所定パターンを有する光硬化層5が形成される。光硬化性樹脂液1が光硬化すれば、同じ光硬化性樹脂からなる微粉末8と完全に一体化して、一様な光硬化層5が得られる。1層分の光硬化層5が形成されれば、成形台3を少し沈め、光硬化層5と液面の間に樹脂液1を供給して、新たな樹脂液層2を形成する。このような工程を順次繰り返すことによって、成形台3の上に、複数層の光硬化層5が積み重ねられて、所望の三次元形状を有する樹脂成形品が作製される。

(6)

10

【0038】つぎに、図3には、微粉末8を構成する材料による、光硬化特性の違いについて説明している。図3(a)に示すように、光硬化性樹脂液1に何も充填材料が含まれていない場合には、液面にレーザ光7が照射されると、液面から深くなるにつれて狭くなるU字断面状の光硬化部20が形成される。

【0039】これに対し、図3(c)は、光反射性を有する充填材Pを光硬化性樹脂液1に混合しておいた場合であり、充填材Pの表面で反射した光が、様々な方向に向かって、その部分の光硬化性樹脂液1を光硬化させることになる。但し、上方から照射された光を充填材Pで反射しても、充填材Pの下側までは十分な光が到達しない。その結果、光硬化部22の断面形状は、外周に凹凸のある歪んだ形になってしまう。また、硬化深さは浅くなってしまふ。

【0040】また、図3(d)は、光透過性の全くない充填材Pを混合しておいた場合である。この場合には、充填材Pがレーザ光7を遮るので、充填材Pの下側の光硬化性樹脂液1は全く硬化されないことになる。その結果、光硬化部22の断面形状は、充填材Pの下側がえぐれたような歪んだ形になってしまう。つぎに、図3(b)は、この発明の実施例の場合であり、前記光硬化性樹脂からなる微粉末8を光硬化性樹脂液1に混合している。この場合、レーザ光7は、微粉末8の表面で反射することなく、微粉末8を透過する。また、微粉末8を透過する際に大きく屈折したりすることもないので、レーザ光7は、光硬化性樹脂液1のみの場合と、ほとんど同じ様に進む。その結果、光硬化部20の断面形状は、光硬化性樹脂液1のみの図3(a)の場合とほぼ同じになる。各時点における光硬化部20の形状が光硬化性樹脂液1のみの場合と同じであれば、光硬化部20の連続として形成される光硬化層5の形状精度や品質が、光硬化性樹脂液1のみの場合と同等になることは言うまでもない。

【0041】光硬化性樹脂液1に、同じ光硬化性樹脂からなる微粉末8を混合した場合の挙動について、具体的に詳しく説明する。一般的な光硬化性樹脂液1の密度 ρ と、この光硬化性樹脂液1から作製された微粉末8の密度 ρ_0 との差は、 $\rho - \rho_0 = 10^{-4} \text{g/mm}^3$ 程度になる。また、微粉末8の平均粒径 $d = 0.01 \text{mm}$ 、光硬化性樹脂液1の粘度 $\eta = 100 \text{cps}$ 、重力加速度 $g = 9800 \text{mm/sec}^2$ とすれば、光硬化性樹脂液1に混合された微粉末8の沈降速度は下式のようにになる。

【0042】

$$\text{沈降速度 } v = 2d^2 (\rho - \rho_0) g / 9\eta \quad \cdots (1)$$

この(1)式に上記数値を代入して、

$$v = 0.72 \text{mm/hr}$$

したがって、光硬化性樹脂液1に微粉末8を混合した後、1時間たっても0.72mmしか沈降しない。三次元形状の形成作業が、この程度の時間内に終了するのであれば、作業時間の間は、実質的にはほとんど沈降しない

(7)

11

とみなせる。通常は、使用前にある程度混合攪拌するので、実際の成形工程では、常に、光硬化性樹脂液1に微粉末8が均一に分散された状態で使用できることが判る。

【0043】実際に、上記のような条件で、光硬化性樹脂液1および微粉末8を準備し、前記のような三次元形状造形物を製造したところ、製造された三次元形状の成形品は、形状精度が高いとともに、その他の品質性能も優れたものであった。つぎに、図4に示す実施例は、光硬化層5を形成する各段階毎に、微粉末8を供給する場合を表している。

【0044】図4の(a)に示すように、樹脂液1の液面の上方に微粉末8の散布ノズル84が配置されている。樹脂液1中には、成形台3の上に先に形成された光硬化層5が存在している。光硬化層5と樹脂液1の液面との間に、次に形成する光硬化層の厚みに相当する間隔をあけている。この状態で、散布ノズル84から樹脂液1に微粉末8を散布する。

【0045】図4の(b)に示すように、樹脂液1に供給された微粉末8は、徐々に沈んでいくが、ある程度の時間内であれば、樹脂液1の全体に均等に分布した状態で存在する。散布ノズル84は、樹脂液1の液面上から取り去る。この状態で、樹脂液1の液面にレーザ光7を照射する。そうすると、光硬化層5と樹脂液1の液面の間に存在する樹脂液層が光硬化して、所定のパターンを有する光硬化層が形成される。このとき、樹脂液層には微粉末8が均等に分布しているので、光硬化収縮に伴う歪みや反りの発生が良好に防止される。

【0046】つぎに、図5に示す実施例は、微粉末8として、粒径の異なる粒子を混在させておく場合を表している。基本的には、前記図4の実施例と同様の操作を行うので、共通する部分の説明は省略する。図5の(a)に示すように、樹脂液1の液面に散布する微粉末8として、比較的粒径の小さな粒子8a、粒径が中くらいの粒子8b、粒径が大きな粒子8cの3種類の粒子が存在している。樹脂液1に供給された微粉末8a~8cのうち、大きな粒子8cは速く沈み、小さな粒子8aはゆっくりと沈む。

【0047】図5の(b)に示すように、微粉末8a~8cを樹脂液1に供給してから一定時間後には、光硬化層5の上方の樹脂液1のうち、液面近くにはまだ小さな粒子8aが存在しているのに、樹脂液層の底すなわち光硬化層5の表面近くには大きな粒子8cが存在し、その中間深さには中くらいの粒子8bが存在することになる。この状態で、レーザ光7を照射すれば、樹脂液層に均等に微粉末8a~8cが分布した状態で樹脂液1の光硬化が行われる。

【0048】なお、微粉末8として粒径が全て同じものを用いた場合には、樹脂液1に散布した直後は、微粉末8が液面近くのみであり、時間がたつと、微粉末8は光

12

硬化層5の表面近くのみで沈んでしまうので、光硬化層5の表面から液面までの全ての深さに、微粉末8を均等に分布させるのが難しい。これは、光硬化層5の表面から液面までの距離が大きいほど、すなわち光硬化させる樹脂液層の厚みが分厚いほど問題になる。

【0049】したがって、前記図5の実施例のように、粒径の異なる粒子を混在させておく方法は、樹脂液層の厚みを分厚く設定する場合、あるいは、歪みや反りの発生をより少なくするのに有効な方法となる。図6には、微粉末8a~8cの粒径の違いによる沈降状態の違いを、詳しく説明している。ここで、小さな粒子8aの直径 $D_a = 0.01\text{mm}$ 、中くらいの粒子8bがその2倍の直径 $D_b = 0.02\text{mm}$ 、大きな粒子8cが3倍の直径 $D_c = 0.03\text{mm}$ であるとする。

【0050】前記(1)式に、上記数値を代入すると、それぞれの沈降速度 V_a 、 V_b 、 V_c が、以下のとおり求められる。密度などの条件は前記図3の実施例と同様とした。

小さな粒子8a : $V_a = 0.0002\text{mm/sec}$

中くらいの粒子8b : $V_b = 0.0008\text{mm/sec}$

大きな粒子8c : $V_c = 0.0018\text{mm/sec}$

沈降速度が大きい、大きな粒子8cが光硬化層5の表面まで沈んだ状態では、小さな粒子8aは液面近くをわずかに沈んだだけであり、中くらいの粒子8bの深さの中間位置ぐらいに存在する。

【0051】光硬化層5の表面から液面までの距離 $H = 0.1\text{mm}$ とすると、大きな粒子8cが底についたときには、粒子8cの中心が液面から $L_c = 0.1 - 0.015 = 0.085\text{mm}$ だけ沈むことになる。粒子8cが上記 L_c だけ沈むのに要する時間は、 $0.085 / 0.0018 = \text{約}4.7\text{秒}$ となる。同じ時間に、粒子8aおよび粒子8bが沈む距離 L_a および L_b を求めると次のとおりである。

【0052】小さな粒子8a : $L_a = \text{約}0.01\text{mm}$

中くらいの粒子8b : $L_b = \text{約}0.04\text{mm}$

大きな粒子8c : $L_c = 0.085\text{mm}$

この状態で、大中小の各粒子8a~8cは、光硬化層5と液面の間にほぼ均等に配置されることになる。このときに、レーザ光7の照射を行えば、最も好ましい状態となる。

【0053】但し、上記したように、大きな粒子8cが光硬化層5の表面まで完全に沈むのにも約4.7秒かかるのであるから、微粉末8a~8cを樹脂液1の液面に散布してから、4.7秒後を挟む前後の一定時間内に、レーザ光7の照射が行われさえすれば、樹脂液層中にほぼ均等に微粉末8a~8cを分布させた状態でレーザ光7の照射を行うことができる。

【0054】つぎに、図7に示す実施例は、光硬化層5の形成段階のうち、初期段階と後の段階で微粉末8の供給量を変える場合を表している。図7の(b)に示すよう

(8)

13

に、光硬化性樹脂液に微粉末8を全く供給せずに複数層の光硬化層5を形成して積み重ね、三次元形状造形物Mを製造すると、初期に形成された光硬化層5（図の下方部分）に、大きな反りが発生する。光硬化層5が上方になるほど、反りは少なくなっている。

【0055】そこで、図7の(a)に示すように、下層の光硬化層5を形成する段階すなわち初期段階では、樹脂液内に比較的多量の微粉末8を混合しておく。光硬化層5の形成段階が進むほど、すなわち、後の段階になるほど、微粉末8の供給量を少なくする。最上層に近い部分の光硬化層5では、微粉末8が全く混合されていない。

【0056】この実施例によれば、反りが発生し易い初期段階の光硬化層5には、比較的多量の微粉末8が混合されているので、反りの発生を良好に防止できる。しかし、上層の光硬化層5ほど、反りが発生する程度は少なくなるので、微粉末8の混合量も少なくしており、微粉末8の無駄を無くしている。その結果、微粉末8の使用量を削減できるとともに、微粉末8の供給に要する作業時間も削減できることになる。また、微粉末8の存在による、光硬化性樹脂液の光硬化に対する影響も少なくなり、三次元形状造形物の品質特性を向上させる効果も期待できる。

【0057】つぎに、図8および図9に示す実施例は、三次元形状の構造に合わせて、微粉末8の供給量を変えた場合を表す。図8の(a)に示すように、三次元形状造形物Mとして、全体が直方体状をなすとともに、中心部分にXY両方向に貫通する十字角柱状の貫通部hを有するものを造形する。

【0058】図8の(b)に示すように、微粉末8を全く混合しておかなかった場合には、造形物Mは全体が上方に大きく反り返るように歪んでしまう。この状態を詳しくみると、貫通部hの存在する両側の柱状部分m₁では、あまり歪みが生じていないのに対し、その上下の広い板状部分m₂、m₂で、大きな歪みが生じていることが判る。

【0059】そこで、図9の(a)に示すように、造形物Mのうち、板状部分m₂、m₂に相当する光硬化層を形成する段階では、十分な量の微粉末8を混合しておくのに対し、柱状部分m₁に相当する光硬化層を形成する段階では、微粉末8を供給しないでおく。その結果、板状部分m₂、m₂における歪みの発生を微粉末8で確実に阻止できるとともに、歪みがあまり生じない柱状部分m₁では微粉末8の供給を行わずにおいて、微粉末8の無駄使いを防いでいる。

【0060】なお、上記柱状部分m₁でも歪みの発生を防止する必要がある場合には、図9の(b)に示すように、柱状部分m₁に相当する光硬化層を形成する段階でも、微粉末8を供給するようにしてもよい。但し、この柱状部分m₁に供給する微粉末8の量は、前記板状部分m₂、m₂に比べて少なくてもよい。

14

【0061】

【発明の効果】以上に述べた、この発明にかかる三次元形状造形物の製造方法によれば、光硬化性樹脂液の硬化収縮を防ぐために加える充填材料が、光硬化性樹脂液に近い密度を有する固体の微粉末であることにより、光硬化層を形成するための樹脂液層に、微粉末が均一に安定して分散されて、光硬化時の硬化収縮を確実に防ぐことができる。

【0062】その結果、光硬化層に反りや歪みが生じるのを確実に防止でき、形状精度の高い三次元形状を作製することができる。また、光硬化層に固体の微粉末が均一に分散していることにより、光硬化層および三次元形状造形物の機械的強度や耐久性を向上させる効果が期待できる。微粉末として、光硬化性樹脂液を硬化させた後、微粉化してなる微粉末を用いれば、微粉末の密度は当然に光硬化性樹脂液と近いものとなるので、前記作用効果を簡単かつ確実に達成することができる。また、光硬化性樹脂液と微粉末が同じ材料であれば、光を照射したときの特性も同じになり、別材料の充填材料を入れた場合のように、光硬化性樹脂液の硬化特性や作製された光硬化層の品質性能を阻害する心配もない。

【0063】さらに、各層の光硬化層を形成する段階毎に、光硬化性樹脂液に微粉末を供給して混合すれば、三次元形状の造形に用いる光硬化性樹脂液全体に予め微粉末を混合しておくのに比べて、微粉末の沈降や偏在の問題がより生じ難くなり、前記した作用効果を、さらに向上させることができる。各段階で、微粉末の供給量を変えたり、微粉末の供給段階と非供給段階を組み合わせたり、初期段階で後の段階よりも微粉末の供給量を増やしたりすれば、造形物を構成する光硬化層のうち、歪みや反りを防止するために必要な光硬化層を形成する段階だけで、必要な量の微粉末を供給して、目的の効果を発揮させると同時に、不必要な微粉末の使用を避けて、コストの低減および作業の能率化、さらには三次元形状造形物の性能向上をも果たすことができる。

【0064】光硬化性樹脂液に供給する微粉末として、粒径の異なる粒子を組み合わせれば、同じ粒径の粒子のみを用いる場合に比べて、樹脂液の全深さにわたって、より均等に微粉末を分布させることができ、前記した微粉末の効果、すなわち光硬化層の歪みや反りの発生防止を、さらに向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施例となる方法を表す概略断面図

【図2】 微粉末の作製方法の具体例を段階的に表す概略説明図

【図3】 微粉末の存在による光硬化状態の違いを表す概略断面図

【図4】 別の実施例を段階的に表す概略断面図

【図5】 別の実施例を段階的に表す概略断面図

50

(9)

15

【図6】 微粉末の粒子径による沈降状態の違いを表す概略説明図

【図7】 別の実施例(a) および従来例(b) を示す概略説明図

【図8】 図9の実施例に関する従来技術を表し、(a) は造形物の斜視図、(b) は断面図

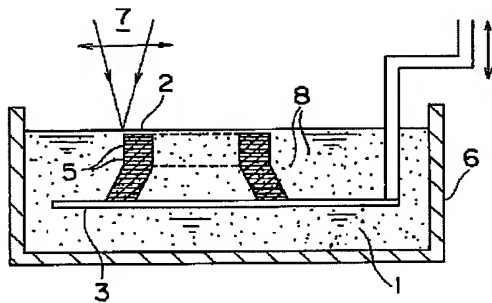
【図9】 別の実施例を表す概略断面図

【符号の説明】

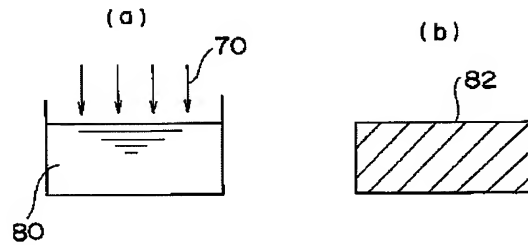
- 1 光硬化性樹脂液
2 樹脂液層
5 光硬化層
7 レーザ光
8、8a～8c 微粉末
84 散布ノズル
M 造形物

16

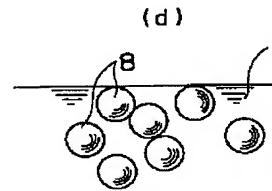
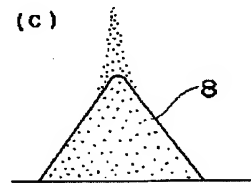
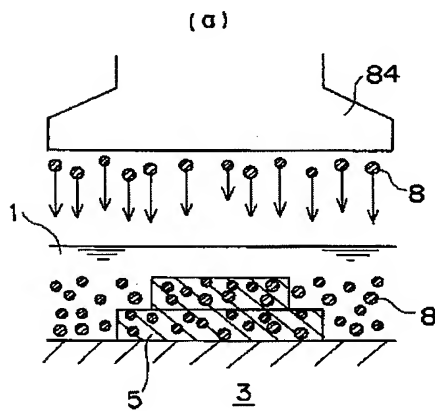
【図1】



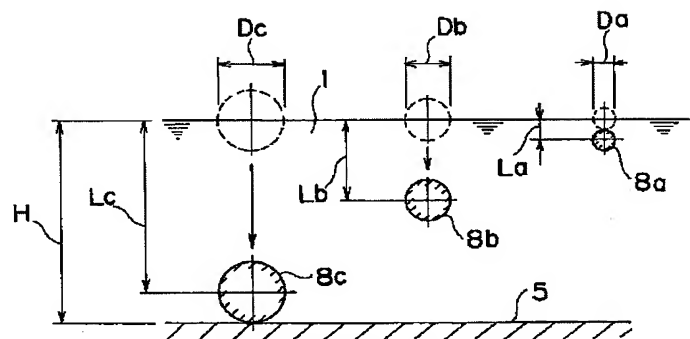
【図2】



【図4】

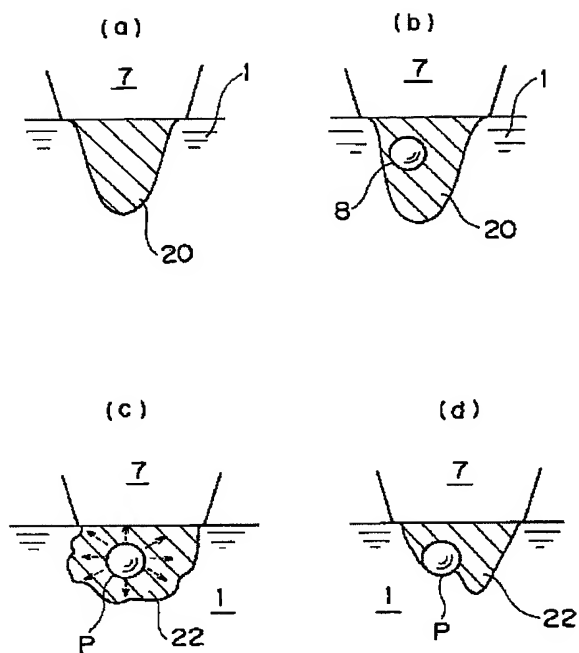


【図6】

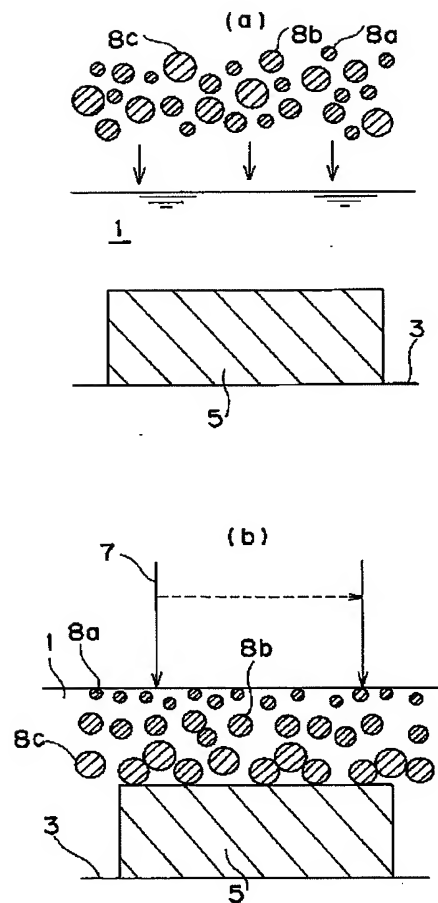


(10)

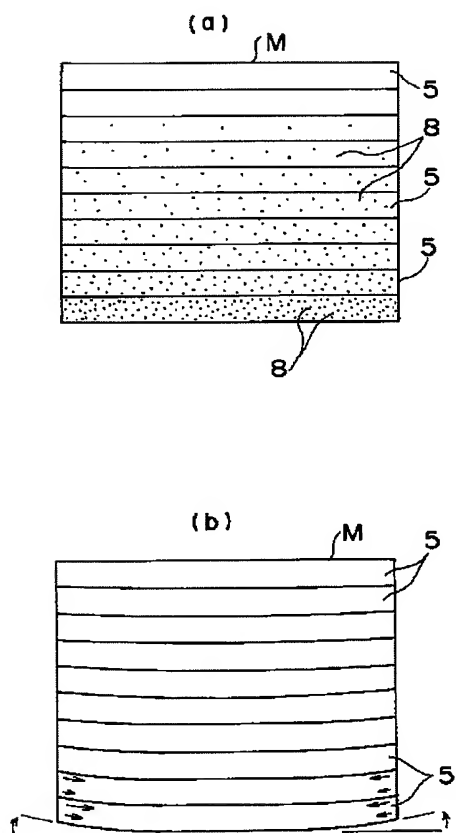
【図 3】



【図 5】

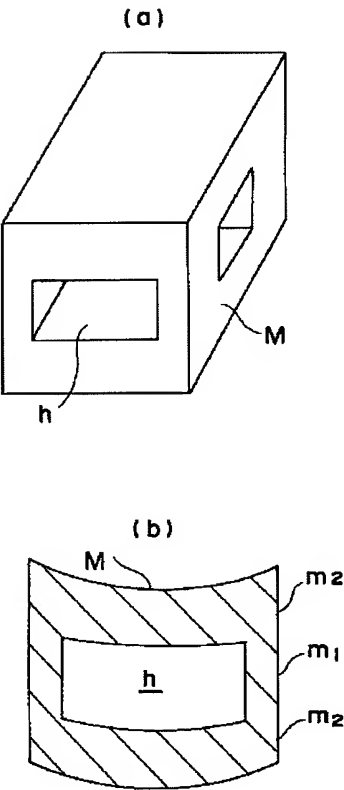


【図 7】



(11)

【図8】



【図9】

